

# TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos . . . . .	XV
------------------------	----

## 1<sup>re</sup> partie—ÉTUDE DES GLUCIDES

<b>Chapitre 1 — CHIMIE DES GLUCIDES.</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1  NOMENCLATURE . . . . .	3
1.1.1  Monosaccharides . . . . .	3
1.1.2  Disaccharides . . . . .	4
1.1.3  Polysaccharides . . . . .	4
1.2  STÉRÉOCHIMIE . . . . .	6
1.2.1  Isomérisation optique . . . . .	6
1.2.2  Lois de l'isomérisation optique . . . . .	8
1.2.3  Dédoublage des racémiques . . . . .	11
Première méthode, dite mécanique . . . . .	12
Deuxième méthode, dite biochimique . . . . .	12
Troisième méthode, dite chimique . . . . .	12
1.2.4  Isomérisation géométrique . . . . .	13
Liaison double carbone-carbone . . . . .	13
Formation d'un cycle . . . . .	14
1.3  ÉTUDE DES MONOSACCHARIDES . . . . .	14
1.3.1  Structure moléculaire et propriétés chimiques du glucose .. . . . .	15
1.4  ÉTUDE DES DISACCHARIDES . . . . .	19
1.4.1  Maltose . . . . .	20
1.4.2  Hydrolyse du maltose . . . . .	20
1.4.3  Cellobiose . . . . .	21
1.4.4  Hydrolyse du cellobiose . . . . .	21
1.5  ÉTUDE DES POLYSACCHARIDES . . . . .	21
1.5.1  Amidons. . . . .	22
Usage des amidons dans l'industrie papetière . . . . .	25
Amidons cationiques . . . . .	27
Amidons anioniques . . . . .	27
Effets sur l'environnement . . . . .	28

1.5.2	Cellulose . . . . .	29
	Structure moléculaire de la cellulose . . . . .	30
	Structure physique de la cellulose . . . . .	31
	Propriétés physico-chimiques de la cellulose . . . . .	33
	• Gonflement et dissolution de la cellulose . . . . .	33
	• Degré de polymérisation . . . . .	34
	• Réactivité chimique de la cellulose . . . . .	35
1.5.3	Hémicelluloses . . . . .	35
	Structure des hémicelluloses . . . . .	35
	Propriétés des hémicelluloses . . . . .	38
<b>Chapitre 2 — DÉGRADATION DE LA CELLULOSE . . . . .</b>		<b>41</b>
2.1	TYPES DE DÉGRADATION . . . . .	41
2.1.1	Dégradation enzymatique . . . . .	41
2.1.2	Dégradation hydrolytique . . . . .	42
2.1.3	Dégradation oxydante . . . . .	44
2.1.4	Dégradation alcaline . . . . .	46
2.1.5	Dégradation mécanique . . . . .	48
2.1.6	Dégradation thermique . . . . .	48
2.2	CAUSES DE LA DÉGRADATION . . . . .	49
2.2.1	Entreposage du bois . . . . .	49
2.2.2	Cuisson du bois . . . . .	51
	Procédé au bisulfite . . . . .	52
	Réaction avec les glucides . . . . .	55
	Procédés alcalins . . . . .	55
	Réaction avec les glucides . . . . .	56
	Polysulfures . . . . .	57
	Sulfure d'hydrogène . . . . .	58
	Autres traitements bénéfiques . . . . .	58
2.2.3	Blanchiment des pâtes . . . . .	58
	Réaction avec les glucides . . . . .	59
<b>Chapitre 3 — ESSAIS CHIMIQUES . . . . .</b>		<b>61</b>
3.1	VISCOSITÉ . . . . .	61
3.1.1	Définition . . . . .	61
3.1.2	Principe . . . . .	62
3.1.3	Opérations clés . . . . .	62
3.1.4	Calcul . . . . .	62
3.1.5	Valeur et déficiences de l'essai . . . . .	63
3.2	CLASSIFICATION DE CROSS ET BEVAN . . . . .	63
3.2.1	Définition . . . . .	63
3.2.2	Principe . . . . .	64
3.2.3	Mode opératoire . . . . .	65
	Traitement à la soude caustique . . . . .	65

	Mesure de la cellulose alpha . . . . .	66
	• Par gravimétrie . . . . .	66
	• Par dosage volumétrique. . . . .	66
	Mesure du pourcentage de cellulose gamma . . . . .	67
	Calcul du pourcentage de cellulose bêta . . . . .	67
3.2.4	Valeur et déficiences de l'essai . . . . .	67
3.3	INDICE DE CUIVRE. . . . .	68
3.3.1	Définition. . . . .	68
3.3.2	Principe . . . . .	68
3.3.3	Opérations clés . . . . .	68
3.3.4	Calcul. . . . .	70
3.3.5	Origine du facteur numérique . . . . .	70
3.3.6	Valeur et déficiences de l'essai . . . . .	70
3.4	AUTRES ESSAIS . . . . .	71
3.4.1	Indice de Kappa. . . . .	71
	Définition. . . . .	71
	Principe . . . . .	71
	Opérations clés . . . . .	71
3.4.2	Indice d'Hypo. . . . .	72
	Définition. . . . .	72
	Principe . . . . .	72
	<b>2<sup>e</sup> partie — ÉTUDE DES LESSIVES RÉSIDUAIRES . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>Chapitre 4 — CHIMIE DE LA LIGNINE . . . . .</b>		<b>77</b>
4.1	NATURE DE LA LIGNINE. . . . .	77
4.1.1	Caractéristiques . . . . .	77
4.1.2	Biogénèse de la lignine . . . . .	78
	Première étape : formation d'un glucide . . . . .	78
	Deuxième étape : aromatisation et formation de l'unité structurale primaire . . . . .	79
	Troisième étape: dimérisation et formation d'unités de base secondaires .	80
	Quatrième étape: polymérisation des unités de base secondaires et formation de la lignine . . . . .	80
4.1.3	Types de lignine. . . . .	81
	La lignine de Klason . . . . .	82
	La lignine de Willstätter . . . . .	82
	La lignine de CEL . . . . .	82
	La lignine de naturelle de Brauns . . . . .	82
	La lignine de Björkman (MWL) . . . . .	82
	La lignine sodique . . . . .	82
	La formation d'un dérivé de la lignine . . . . .	82
4.2	STRUCTURE CHIMIQUE DE LA LIGNINE. . . . .	82

4.2.1	Composition centésimale de la lignine . . . . .	83
4.2.2	Degré de polymérisation . . . . .	84
4.2.3	Principales fonctions organiques de la lignine . . . . .	84
	• Radical méthoxyle . . . . .	84
	• Fonction hydroxyle . . . . .	84
	• Oxygène étherique . . . . .	85
	• Fonction carbonyle . . . . .	85
	• Liaison aliphatique double . . . . .	85
	• Fonction carboxyle . . . . .	85
4.3	PROPRIÉTÉS DE LA LIGNINE . . . . .	86
4.3.1	Pâte à dissolution . . . . .	87
4.3.2	Pâte à haut rendement . . . . .	87
<b>Chapitre 5 – UTILISATION DES LESSIVES RÉSIDUAIRES . . . . .</b>		<b>91</b>
5.1	NATURE DES LESSIVES RÉSIDUAIRES . . . . .	91
5.1.1	Type de procédé chimique . . . . .	91
	Composition des liqueurs usées bisulfite . . . . .	91
	Composition des liqueurs usées kraft . . . . .	92
5.1.2	Intensité du traitement chimique . . . . .	92
5.2	IMPACT DE L'INDUSTRIE PAPETIERE SUR L'ENVIRONNEMENT . . . . .	93
5.2.1	Caractère nuisible des effluents . . . . .	94
5.2.2	Type de procédé . . . . .	94
	Procédé mécanique . . . . .	95
	Procédé mi-chimique . . . . .	95
	Procédé kraft . . . . .	95
	Procédé au bisulfite . . . . .	96
5.2.3	Toxicité des effluents . . . . .	96
	Acides résiniques et acides gras . . . . .	96
	Composés sulfurés . . . . .	96
	Lignine . . . . .	96
	Copeaux . . . . .	96
5.2.4	Traitement des effluents . . . . .	96
	Traitement primaire . . . . .	97
	Traitement secondaire . . . . .	97
	• Bassin aérobie . . . . .	97
	• Bassin aérobie-anaérobie . . . . .	97
	• Bassin anaérobie . . . . .	97
	• Étang aéré . . . . .	97
	Traitement tertiaire . . . . .	98
5.3	UTILISATION DES LESSIVES RÉSIDUAIRES . . . . .	98
5.3.1	Sous-produits du procédé au bisulfite . . . . .	98
	Adhésif . . . . .	98
	Alcool . . . . .	98
	Protéine . . . . .	99

Vanilline . . . . .	99
Lignosulfonate . . . . .	99
5.3.2 Sous-produits du procédé kraft . . . . .	99
Térébenthine de bois au sulfate . . . . .	99
Tallöl . . . . .	100
5.3.3 Autres sous-produits . . . . .	100
5.4 PRODUITS EXTRACTIBLES . . . . .	100
<b>3e partie — ÉTUDE DES PRODUITS CELLULOSIQUES . . . . .</b>	
<b>103</b>	
<b>Chapitre 6 — LES PAPIERS . . . . .</b>	<b>105</b>
6.1 MISE EN FEUILLE . . . . .	105
6.2 TRAITEMENT HYDROFUGE . . . . .	108
6.2.1 Imperméabilisation du papier . . . . .	108
6.2.2 Création de liaisons chimiques interfibres . . . . .	108
6.2.3 Effet permanent et effet temporaire . . . . .	109
Effet permanent . . . . .	109
Effet temporaire . . . . .	111
<b>Chapitre 7 — NITRATION DE LA CELLULOSE . . . . .</b>	<b>117</b>
7.1 CHIMIE DE LA NITRATION . . . . .	117
• L'acide nitrique dilué . . . . .	118
• L'acide nitrique de concentration moyenne . . . . .	118
• L'acide nitrique concentré . . . . .	118
7.2 NITRATION PAR ACIDE NITRIQUE SEUL . . . . .	119
7.3 NITRATION PAR MÉLANGE D'ACIDE NITRIQUE, D'ACIDE SULFURIQUE ET D'EAU . . . . .	120
7.4 TYPES DE NITRATES . . . . .	121
7.4.1 Teneur de 10,7 à 12,5 % N . . . . .	121
7.4.2 Teneur de 12,5 à 13,5 % N . . . . .	121
7.5 STABILITÉ DES NITRATES CELLULOSIQUES . . . . .	121
7.6 PRODUITS . . . . .	123
7.6.1 Celluloïd . . . . .	123
7.6.2 Laques . . . . .	124
7.6.3 Pellicules . . . . .	124
7.6.4 Soies artificielles . . . . .	124
7.6.5 Explosifs . . . . .	125
7.7 MATIÈRE PREMIÈRE . . . . .	125

<b>Chapitre 8 — PROCÉDÉ VISCOSE.</b>	129
8.1 ACTION DE LA SOUDE CAUSTIQUE.	129
8.1.1 Mercerisage de la cellulose	129
8.1.2 Formation de la cellulose alcaline.	130
8.1.3 Chimie de la cellulose alcaline	132
8.1.4 Maturation de la cellulose alcaline	133
• Le type de cellulose	134
• La présence de catalyseurs	134
• La concentration de la solution mercerisante.	135
• La présence d'agents oxydants	135
8.1.5 Préparation industrielle de la cellulose alcaline	135
Procédé classique.	135
Procédé continu	136
8.2 ACTION DU BISULFURE DE CARBONE	136
8.2.1 Xanthation de la cellulose	137
8.2.2 Réactions secondaires	138
8.2.3 Maturation de la viscose	138
8.2.4 Coagulation et régénération.	140
8.2.5 Préparation industrielle de la viscose	142
8.2.6 Dissolution du xanthate.	142
8.2.7 Maturation de la viscose	143
8.3 PRODUITS	143
8.3.1 Rayonne.	144
8.3.2 Cellophane.	146
8.3.3 Éponges	146
Mercerisation de la cellulose native	146
Xanthation	146
Dissolution du xanthate cellulosique.	146
Incorporation de cristaux de sel	146
Finition.	147
8.4 MATIÈRE PREMIÈRE.	147
<b>Chapitre 9 — ACÉTYLATION DE LA CELLULOSE.</b>	149
9.1 HISTORIQUE	149
9.2 MÉCANISME D'ESTÉRIFICATION	150
9.2.1 Action directe des acides organiques	150
9.2.2 Action directe de anhydrides d'acides organiques	151
9.2.3 Action directe des chlorures d'acides organiques	151
9.3 PRODUCTION D'UN DIACÉTATE CELLULOSIQUE.	152
9.3.1 Traitement préliminaire	152
9.3.2 Acétylation.	153

9.3.3	Hydrolyse.....	154
9.3.4	Purification .....	155
9.4	FIBRES TEXTILES D'ACÉTATE CELLULOSIQUE .....	155
9.4.1	Propriétés générales.....	155
9.4.2	Produits .....	156
	Arnel .....	157
	Célanèse.....	157
	Fortisan .....	157
9.5	MATIÈRE PREMIÈRE.....	157
<b>Chapitre 10</b>	<b>— AUTRES DÉRIVÉS CELLULOSIQUES.....</b>	<b>159</b>
10.1	POLYESTERS CELLULOSIQUES.....	159
10.1.1	Formiates .....	159
10.1.2	Propionates .....	159
10.1.3	Butyrates .....	160
10.2	POLYESTERS COMPOSÉS.....	160
10.3	POLYÉTHERS CELLULOSIQUES.....	161
10.3.1	Méthylcellulose et éthylcellulose .....	162
10.3.2	Hydroxyéthylcellulose (H.E.C.) .....	163
10.3.3	Carboxyméthylcellulose (C.M.C.).....	163
10.3.4	Applications des polyéthers celluloses.....	165
<b>CONCLUSION</b>	.....	<b>168</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	.....	<b>171</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	<b>176</b>
<b>INDEX</b>	.....	<b>177</b>